

# ねじれネマチック液晶ディスプレイ駆動回路の試作

桑原道夫・女川博義・宮下和雄

## Design of A Driver Circuit for Twisted Nematic Liquid Crystal Display Panel

Michio KUWAHARA, Hiroyoshi ONNAGAWA, Kazuo MIYASHITA

Liquid crystals show various electro-optical effects. Twisted nematic (TN) mode, that is one of the field type electro-optical effects of liquid crystals, has such advantages as low operating voltage, small electrical power consumption and high contrast ratio, compared with other modes.

A circuit for alternating voltage drive of TN liquid crystal display panel is constructed with diode-transistor logic (DTL) integrated circuits. The obtained response time of this circuit is far shorter than that of the display panel. The response time of this TN panel with DTL driver circuits is short enough for digital clock display.

### 1. はじめに

液晶は動作電圧が低く、消費電力が少ないという特徴をもち、受動形ディスプレイ素子への応用に、大きな期待がかけられている。ねじれネマチック (Twisted Nematic, 以下 TN と略記する) 効果は、液晶の電界効果のひとつである。これには次のような利点と欠点がある。利点は、(1) 閾値電圧、動作電圧<sup>1)</sup>がともに低いこと (閾値電圧 1 ~ 2 V、動作電圧 2 ~ 6 V)、(2) 低消費電力であること ( $10\mu\text{w}/\text{cm}^2$ )、(3) コントラストが大きいこと (100 : 1)、(4) 高純度液晶が使用可能で長寿命が期待できることなどである。欠点は、(1) 視角が狭いこと ( $40 \sim 90^\circ$ )、(2) 偏光板を必要とすることである。

腕時計用など動作電圧、消費電力に制限があるディスプレイ素子では、TN 効果を利用した液晶素子が主流になると考えられ、これに関連する研究が活発に行われている。

我々は、7 セグメント TN 形パネルを交流駆動するため、DTL-IC で排他的論理和 (Exclusive-OR、以下 EXC.-OR と書く) ゲートを構成した。さらに、駆動回路も含めた、パネルの応答特性を調べた。

### 2. ねじれネマチック効果

ネマチック液晶は、光学的・誘電的に異方性があり、この組合せによって、独特の電気光学効果を示す。ネマチック液晶は、光学的に正の異方性をもち、屈折率は図 1 のようになっている。液晶中で、光は常光線と異常光線に分かれて伝播する。常光線は、どの方向に対しても、一定速度で進行する。このため、常光線に対する屈折率は一定となり、図 1 の円で示される。異常光線は進行方向によって速度が異なる。また一般に、その速度は常光線の速度よりも小さい。このため、異常光線に対する屈折率は光の進行方向によって異なり、図 1 の楕円で示されるものとなる。分子長軸方向では、常光線と異常光線の

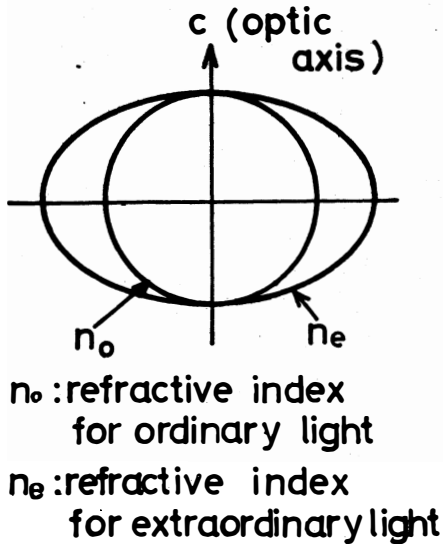


図1 ネマチック液晶の屈折率

伝播速度が等しくなり、この方向がネマチック液晶の光軸である。

次に誘電異方性について述べる。分子長軸方向の誘電率とこれに直角方向の誘電率をそれぞれ  $\epsilon_{\parallel}$ 、 $\epsilon_{\perp}$  とする。 $\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$  の関係にあるネマチック液晶を正の誘電異方性を持つと言い、Np 液晶とよぶ。反対に  $\epsilon_{\parallel} < \epsilon_{\perp}$  であるものは、負の誘電異方性をもち、Nn 液晶という。TN 効果には Np 液晶を使う。

図2に TN 効果の原理を示した。(a)の状態では、電界が加わっていないかまたは閾値電界以下である。液晶分子は、上下電極間で90°ねじれている。このような分子配向は次のようにして得られる。電極ガラスを布や紙などで一方向にこする(ラビングする)か SiO などを電極面に斜め蒸着しておく。次に、ラビング方向または蒸着方向が、上下の電極について互いに直交するように設定すると、ねじれ配向ができる。セルには、図示のように、直線偏光板が2枚組合わされている。入射光は分子の90°ねじれのために旋光を受け、透過光は出ない。閾値以上の電界が加わると、分子の誘電異方性のため、(b)のように分子長軸が電界方向をむく。分子配向がこうになると、セルの旋光性は小さくなる。さらに、直線偏光で入射した光は、常光・異常光成分の位相差(レターデーションという)によって一般に楕円偏

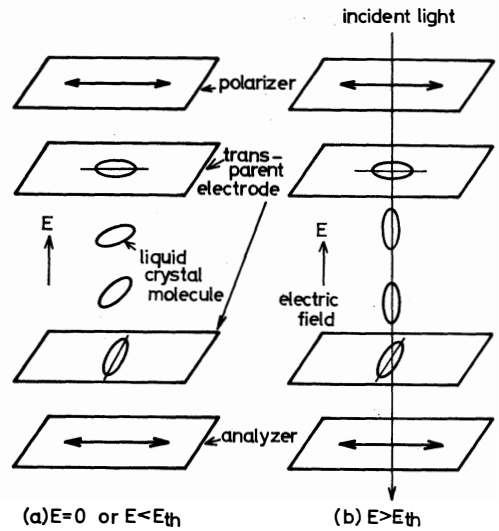


図2 ねじれネマチック効果の原理

光となり、透過光が得られる。このばあい、透過光量はレターデーションの大ききで決まる。電界によって分子配向が変化すると、レターデーションの大ききも変わり、透過光量は変動する。しかし、Np 液晶は誘電異方性が大きいため、閾値以上のわずかな電界で、ほぼ一定のレターデーションに達してしまい、透過光量は飽和する。TN 効果は比較的鋭い閾値を持っている。

### 3. ねじれネマチックパネル

TN パネルは、時計用の3 $\frac{1}{2}$ ディジットのものである。パネルの文字構成を図3に示した。1文字は7個のセグメントで構成され、裏側のガラス板には、各文字に対応した共通透明電極が形成されている。今回の試作では、10進2桁カウンタの内容を表示したので、2文字だけを使用した。

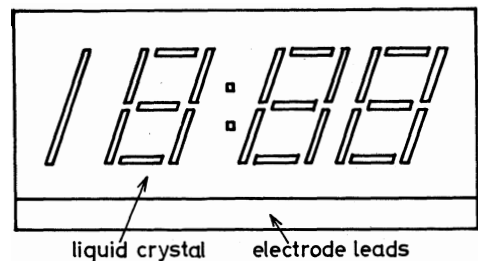


図3 ねじれネマチックパネルの文字構成

#### 4. 試作駆動回路

液晶ディスプレイでは、パネルの動作寿命の点から、正弦波や方形波電圧による交流駆動が望ましい。液晶ドライバとして市販されているICには、EXC.-ORゲートを使って、方形波を形成するものがある。我々は、手持ちICのつごうで、2入力NANDゲート4個を含むDTL-ICでEXC.-ORゲートを構成し、TNパネルを駆動した。

##### 4-1 駆動回路の動作原理

図4に、EXC.-ORゲートによる交流駆動の原理を示す<sup>2)</sup>。共通電極とセグメント電極に、同じ振幅で同位相の方形波がかかると、両電極間の電位差は0となる。各電極に同一振幅で互いに逆位相の方形波が加わると、この2倍振幅の電圧が両電極間にあらわれる。このとき、電界が閾値を越えていると、光がパネルを透過する。各セグメント電極には、EXC.-ORゲートを通して方形波電圧を与える。共通電極には、EXC.-ORゲート出力と同じ電圧レベルの方形波を加えておく。セグメント電極に与える方形波電圧の位相反転は、EXC.-ORゲートに入れるセグメント選択信号で制御する。

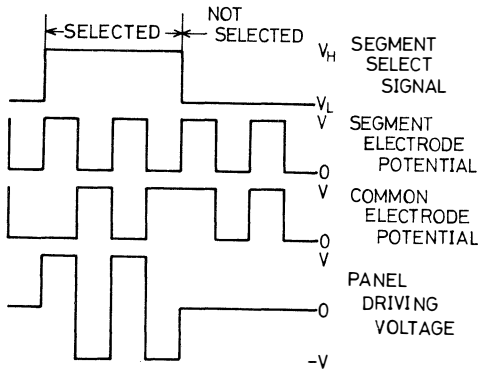


図4 排他的論理和ゲートによる交流駆動の原理

##### 4-2 セグメント電極ドライバ

図5に示すように、2入力NANDゲート4個で、EXC.-ORゲートを構成した。ICは、DTL M5946P（三菱）である。2つの入力のうち、一方にセグメント選択信号を、他方には全セグメントを並列として、方形波電圧を与える。セグメント選択信号は、選択時に論理Hレベル、非選択時に論理Lレベルとする。セグメントが選択されると、入力側とは位相

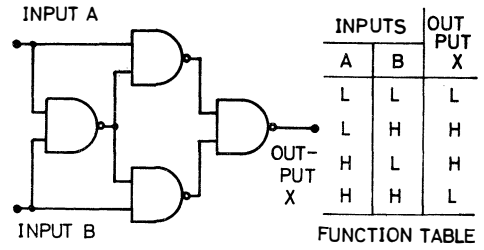


図5 排他的論理和ゲートによるセグメント電極ドライバ

の反転した方形波が得られる。これは真理値表からわかる。試作では、各セグメントについて、1個のICが使われている。セグメントドライバとして、TTL SN74136など、1パッケージあたり、EXC.-ORゲート4個を含むものを使用すれば、ICの個数を減らすことができる。

##### 4-3 共通電極ドライバ

EXC.-ORゲートに加える方形波電圧としては、この出力電圧レベルよりもかなり大きい振幅のものが必要であった。これは、方形波入力の論理Lレベルで、入力電圧を閾値（ゲートの出力レベルが論理Lから論理Hに変化する入力電圧）以下に保つことが必要だからである。したがって共通電極へは、EXC.-ORゲートに加える方形波を分圧して与えないと、非選択時の駆動電圧が0とならない。試作回路では、インバータ2段でEXC.-ORゲート出力と同一電圧レベルの方形波を作り、共通電極に与えている。図6は共通電極ドライバである。ICには、DTL M5962（三菱）を使った。このようにすると、セグメントドライバと共通電極ドライバに供給する電源電圧でパネル駆動電圧を変えることができ、パネルの最適動作電圧への設定が容易になる。

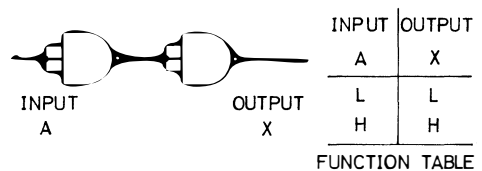
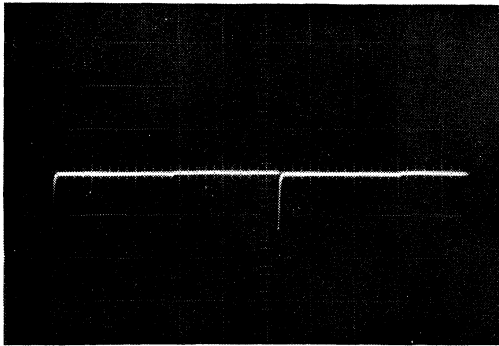


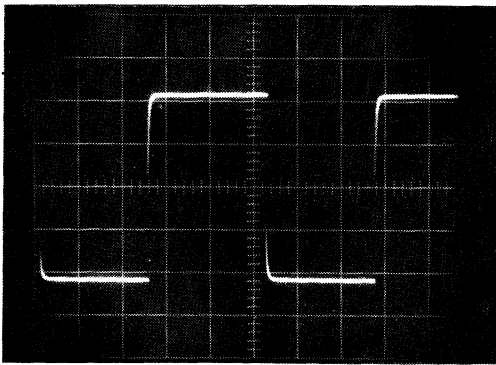
図6 共通電極ドライバ

##### 4-4 その他の回路

試作回路は、10進2桁カウンタの内容を表示できるようにしたので、カウンタ2段と7セグメント変



(a) 選択セグメント H : 2ms/div  
V : 2v/div



(b) 非選択セグメント H : 2ms/div  
V : 1v/div

図7 駆動電圧波形

換回路が付属している。セグメント変換回路の出力がEXC.-ORゲートに与えられて、方形波の位相反転を制御する。図7にパネル駆動電圧波形を示した。(a)は選択セグメント、(b)は非選択セグメントの波形である。(b)に表われている微分パルスは、セグメント電圧と共通電極電圧の位相差およびシンクロプロープの位相補正誤差によるものと考えられる。なお、駆動回路全体の応答時間は $1\mu\text{s}$ 以下であり、パネルの駆動には十分な値であった。

### 5. TNパネルの動作特性

以上述べてきた駆動回路を通してTNパネルを動作させ、その特性を調べた。図8に、駆動方形波電圧の実効値とパネル応答時間の関係を示した。駆動周波数は、100Hzである。立上り時間は、電圧の2.4

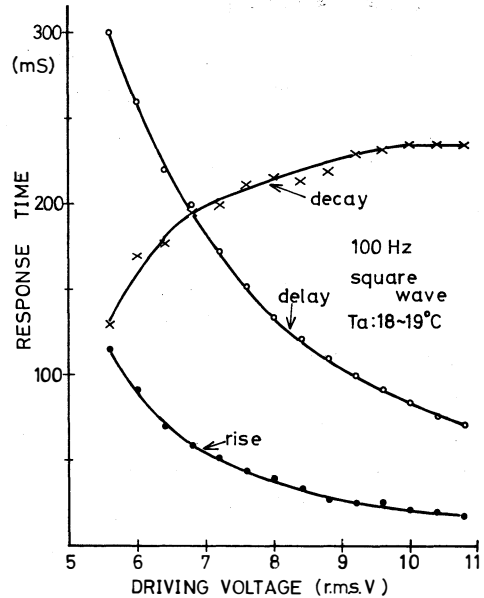


図8 ねじれネマチックパネルの応答時間特性

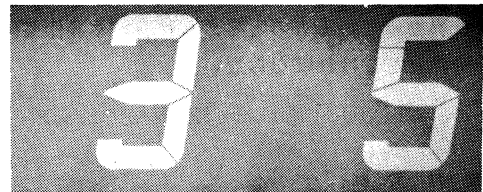


図9 パネル表示例

乗に逆比例して減少している。立上り遅延時間も同様に、電圧の2.2乗に逆比例して短くなっていく。立下り時間は電圧をあげると増加するが、電圧上昇にともなって飽和する傾向を示している。TN効果の理論では、立上り時間が印加電圧の2乗に反比例し、立下り時間は電圧によらずほぼ一定値をとることが知られている<sup>3)</sup>。したがって、ここで得られた応答特性は理論から予測されるものにかかなり近い。実際には、パネル厚さや分子配向のちがいががあるため、応答時間はセグメントによって多少ばらつきがある。しかし、駆動電圧を適当に選べば、時計として動作させるのに十分なオーダとすることができる。パネルのコントラストは、50:1以上の値が得られた。図9に実際の表示例をあげる。

## 6. まとめと今後の問題点

DTL-ICで構成した、EXC.-OR ゲート液晶ディスプレイ駆動回路で、TN パネルを交流駆動した。駆動回路を含めて、パネルの応答特性は時計表示用として十分なものであった。また、パネルのコントラストも、TN 効果の特徴である高い値が得られていた。

問題点として、駆動 IC 個数の低減がまずあげられる。このためには、セグメントドライバとして、TTL SN74136 などの EXC.-OR ゲート IC を使えばよい。また DTL, TTL-IC では入力インピーダンスが低いうえ、本回路のように多数のゲートを並列接続すると、駆動用方形波発生回路の出力インピーダンスを十分低くする必要がある。試作回路では、600Ω の出力インピーダンスをもつ方形波発振器を用いた。さらに、パネルの一部に分子配向が他と異なる部分があつて、ここにかかったセグメントでは応答特性が少し悪くなっていた。またこの部分では、パネルを斜め方向から見たときの明るさの変化も大きくなっていた。これは分子配向のねじれ方が他の場所と異なっているものと考えられ、パネル作製時に十分注意しなければならない。

## 参 考 文 献

- 1) 女川、宮下：昭和49年度電気四学会北陸支部連合大会  
D-8
- 2) 坂本：電子技術 16 (1974) p.25
- 3) 北川：富山大学工学部修士論文